

EFFECTO DEL RASTROJO DE ARROZ (*Oryza sativa* L.) EN EL CULTIVO DEL FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)¹

Franklin Herrera²

RESUMEN

Efecto del rastrojo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno de la Universidad de Costa Rica, ubicada en Alajuela a 10°00'32" de latitud norte y 84°15'33" de longitud oeste, a una altitud de 840 m, entre agosto del 2000 y enero del 2002 se realizaron tres experimentos en condiciones de laboratorio, casa de mallas y campo, con el propósito de conocer el efecto del rastrojo de arroz en la germinación, establecimiento y producción de las plantas de frijol. En la prueba de laboratorio se evaluaron extractos acuosos y lixiviados de la parte aérea y radical de plantas maduras de arroz, tratadas con glifosato y sin tratar, mientras en la casa de mallas y campo se evaluó el efecto del rastrojo dejado sobre la superficie o incorporado al suelo. No hubo evidencia de que los extractos acuosos del rastrojo de arroz causaran efectos alelopáticos importantes en el frijol. La permanencia del rastrojo de arroz sobre la superficie del suelo causó una leve disminución en el número de plantas de frijol establecidas, pero el rendimiento de grano fue igual o superior al obtenido con labranza e incorporación del rastrojo al suelo.

Palabras clave: *Oryza sativa*, *Phaseolus vulgaris*, sistemas de cultivo, rotación de cultivos, malezas, Costa Rica.

ABSTRACT

Effect of rice (*Oryza sativa* L.) stubble on the bean crop (*Phaseolus vulgaris* L.). Three experiment were conducted at the Fabio Baudrit Experimental of the University of Costa Rica, located in Alajuela, 10°00'32" North latitude and 84°15'33" West longitude, and 840 m of altitude, from August 2000 to January 2002, in order to determine the effect of the rice stubble on the subsequent crop of beans, in aspects such as germination, stand establishment and yield. On the other hand, laboratory and greenhouse studies were carried out, to assess the effects of rice stubble left on the soil surface versus rice stubble incorporated into the soil, on the performance of bean plants. No negative effects of soluble extract from rice stubble occurred on bean plants. A slight decrease on bean stand was registered on the field in the no tillage treatment with rice stubble eliminated with glyphosate; however, their growing and grain yield was not affected

Keywords: *Oryza sativa*, *Phaseolus vulgaris*, cropping systems, rotational systems, rotational cropping, weeds, Costa Rica.



¹ Parte de los proyectos F 28 2000 y VI 736-98311, parcialmente financiado por la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno (EEFBM), FITTACORI y la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica.

² Investigador del Programa Manejo Integrado de Malezas. Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno, Universidad de Costa Rica. Correo electrónico: fherrera@cariari.ucr.ac.cr

INTRODUCCIÓN

En el sistema de siembra directa del frijol (*P. vulgaris* L.) sobre el rastrojo de arroz (*O. sativa* L.), en ocasiones se ha observado germinación desuniforme, clorosis y raquitismo de las plantas de frijol durante su primera etapa de crecimiento. Estos síntomas se han asociado a posibles efectos alelopáticos del rastrojo de arroz, así como, a una posible deficiencia temporal de nitrógeno en las plantas de frijol, causada por la inmovilización de este elemento en los microorganismos descomponedores de la paja de arroz, que posee una relación C/N de 42. Se considera que materiales vegetales con una relación C/N igual o superior a 30, son descompuestos con más lentitud y puede ocurrir inmovilización de nitrógeno por parte de los microorganismos descomponedores (Ferrera y Pérez 1995, Echegaray 1995, Szott 1997).

Por otro lado, se sabe que la respuesta de cultivos y malezas a los residuos vegetales sobre la superficie del suelo es variable y depende de la sensibilidad que posean a los metabolitos liberados al medio por la cobertura o rastrojo. Especies como centeno (*Secale cereale* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), alforfón (*Fagopyrum esculentum* Moench), mostaza negra (*Brassica nigra* L.), sorgo sudán (*Sorghum bicolor* L.), avena (*Avena sativa* L.), alfalfa (*Medicago sativa* L.) y arroz (*Oryza sativa* L.), han mostrado ser eficaces en el control de malezas cuando se dejan como cobertura muerta sobre el suelo; incluso de algunas se han extraído compuestos solubles en agua que inhiben la germinación y crecimiento de las plántulas de diversas especies de malezas (Bell y Muller 1973, Forney y Foy 1985, Barnes y Putnam 1987, Nair *et al.* 1990, Vidal *et al.* 1994, Tamak *et al.* 1994, Masiunas *et al.* 1995, Weston 1996, Nagabhushana 1997).

También los residuos vegetales pueden afectar los cultivos; Sahid y Sugau (1993) informan que residuos de *Lantana camara* colocados sobre el suelo o incorporados en él, tuvieron efectos detrimentales en el crecimiento del chile (*Capsicum frutescens*) y el repollo chino (*Brassica pekinensis* var. *chinensis*), pero no afectaron al pepino (*Cucumis*

sativus L.) y a la espinaca (*Spinacca oleracea*). Qasem (1995), encontró que exudados radicales de *Ranunculus asiaticus* inhibieron completamente la germinación de semillas de trigo (*T. aestivum*). Brown y Morra (1995), informaron de efectos negativos en la germinación de lechuga (*Lactuca sativa* L.), provocados por compuestos solubles en agua procedentes de *Brassica napus*. Sin embargo, el frijol por poseer una semilla relativamente grande y de germinación rápida, fácilmente puede pasar coberturas vegetales densas, como ocurre en el sistema de frijol tapado (Thurston 1994).

El propósito de este trabajo fue conocer la posible interferencia del rastrojo de arroz (*O. sativa* L.) en la germinación, crecimiento inicial y rendimiento del frijol (*P. vulgaris* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos pruebas preliminares en laboratorio y casa de mallas, y un experimento de campo en la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno de la Universidad de Costa Rica, ubicada en Alajuela, Costa Rica a 10°00'32" de latitud norte y 84°15'33" de longitud oeste, a una altitud de 840 m, en la zona de vida Bosque Húmedo Premontano (Holdrige 1982).

Prueba en laboratorio

En esta prueba se evaluaron extractos acuosos de la parte aérea y radical de plantas de arroz maduras, tratadas con glifosato y sin tratar (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en las pruebas de extractos acuosos de plantas maduras de arroz (*Oryza sativa* L.). EEFBM. Alajuela, Costa Rica. 2000.

Extracto acuoso de follaje de plantas tratadas con glifosato
Extracto acuoso de raíces de plantas tratadas con glifosato
Extracto acuoso de follaje de plantas sin tratar con glifosato
Extracto acuoso de raíces de plantas sin tratar con glifosato
Lixiviado de follaje de plantas sin tratar con glifosato
Lixiviado de raíces de plantas sin tratar con glifosato
Testigo con solo agua destilada

El glifosato a 1,25 kg/ha fue aplicado sobre las plantas de arroz 10 días antes de tomar las muestras. Se extrajeron plantas de arroz con todo su sistema radical, se lavaron y desinfectaron con una solución clorada al 0,5%. Inmediatamente después se tomaron muestras de 50 g; se lavaron con agua destilada y posteriormente cada una se licuó durante tres minutos con 250 ml de agua destilada, luego se filtró. Se colocaron 10 ml del extracto acuoso por plato Petri con papel filtro. En el caso de los lixiviados las muestras de follaje y raíces se dejaron en los 250 ml de agua destilada durante 24 horas; al finalizar este periodo se tomaron los 10 ml del lixiviado. En cada plato Petri se colocaron 10 semillas de frijol de la variedad Huasteco. Se utilizó un diseño experimental irrestricto al azar con cinco repeticiones.

Las variables evaluadas fueron:

- * Porcentaje de germinación de semillas de frijol a los 10 días después de colocadas en los platos Petri (ddc).
- * Longitud de la raíz principal a los 10 ddc.
- * Longitud de la parte aérea a los 10 ddc.

Prueba en recipientes plásticos

Utilizando esta técnica se evaluaron rastros de plantas de arroz maduras tratadas con glifosato y sin tratar (Cuadro 2). Se utilizó del mismo material empleado en la prueba de laboratorio. En este caso se llenaron recipientes plásticos de cuatro litros de capacidad, con suelo franco arcilloso. Según el tratamiento, la paja de arroz se dejó sobre la superficie del suelo o se incorporó en los primeros 10 cm de suelo en una cantidad equivalente a cinco toneladas de materia seca por hectárea. Seguidamente en el fondo de los hoyos de siembra se aplicó fertilizante en una equivalencia de 20, 60, 20 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente. Los hoyos se taparon parcialmente con suelo y se sembraron 10 semillas de frijol de la variedad Huasteco por recipiente. Los recipientes se dejaron en la casa de mallas donde recibieron agua de lluvia y riego cuando fue necesario. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en las pruebas de efectos del rastrojo de arroz en la germinación y crecimiento inicial de frijol. EEFBM. Alajuela, Costa Rica. 2000.

Rastrojo de la planta entera verde (follaje + raíz), incorporado
Rastrojo de la planta entera tratada con glifosato, incorporado
Rastrojo de solo follaje verde, sobre la superficie
Rastrojo de solo follaje tratado con glifosato, sobre la superficie
Testigo sin rastrojo.

Las variables evaluadas fueron:

- * Número de plantas de frijol a los 10 días después de la siembra (dds).
- * Área foliar y biomasa seca de la parte aérea a los 30 días después de la siembra (dds).

Experimento de campo

Se realizó en el lote # 7 de la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno, con dos años sin recibir labranza. Para disponer del rastrojo de arroz necesario, el 22 de junio del 2001 se sembró en labranza convencional la variedad de arroz CR1113 a 0,20 m entre surcos. Se fertilizó a la siembra con 65, 195, 65 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente. El resto del ciclo del cultivo se manejó de forma comercial. Las parcelas testigo sin rastrojo no fueron sembradas con arroz.

El 20 de octubre del 2001 se aplicó glifosato 1,25 kg/ha para desecar la vegetación existente e iniciar el manejo de las parcelas según los tratamientos (Cuadro 3).

Las características físicas y químicas del suelo previo a la siembra del frijol se muestran en el Cuadro 4. Solamente el K y el Zn estuvieron por debajo del nivel crítico para el cultivo del frijol.

En los tratamientos con labranza convencional se aró el terreno 12 días después de la aplicación

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos evaluados en el experimento "Efectos del rastrojo de arroz en el rendimiento del frijol". EEFBM, Alajuela, Costa Rica. 2001.

1. Extracción del rastrojo de arroz y siembra del frijol sin labranza
2. Incorporación del rastrojo de arroz y siembra del frijol en labranza convencional
3. Siembra directa del frijol sobre el rastrojo de arroz
4. Testigo sin rastrojos y siembra del frijol sin labranza
5. Testigo sin rastrojos y siembra del frijol con labranza convencional

del glifosato y a la semana siguiente, se pasó dos veces la rastra. En el tratamiento 1 se cortó la paja o rastrojo a nivel del suelo y se extrajo del campo dos días antes de la siembra del frijol. La biomasa seca promedio del rastrojo de arroz fue de 6,6 t/ha.

La siembra de frijol variedad Chirripó rojo, se hizo el 12 de noviembre del 2001, a una distancia de 0,5 m entre surcos y una densidad de 300.000 semillas por hectárea. Se escogió esta variedad por su resistencia a las virosis comunes en la zona de estudio durante la época seca. La fertilización se hizo al fondo del surco con 24, 72, 24 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. A los 45 días se aplicaron elementos menores en dosis de 2,5 l PC/ha.

En la etapa de crecimiento V4 se presentó incidencia leve a moderada de *Empoasca* y *Phaoidis griseola* que fue combatida con aplicaciones de carbaryl + clorotalonil. Al inicio de la floración se presentó un foco de *Uromyces phaseoli* que fue controlado con dos aplicaciones de ciproconazol.

El control de malezas se hizo cuando éstas alcanzaron un 25% de cobertura del suelo; para ello se aplicó en forma dirigida la mezcla bentazón 1,0 kg/ha + fluazifop-butil 0,12 kg/ha. Las principales especies que se presentaron durante el experimento se mencionan en el Cuadro 5. De ellas *Ageratum conyzoides* fue la de mayor distribución y cobertura, seguida por *Ixophorus unisetus*, *Marsiphanthes chamaedrys* y *Spermacoce latifolia*.

El diseño experimental utilizado fue Bloques Completos al Azar con seis repeticiones. El área útil de la unidad experimental estuvo constituida por cuatro surcos de 5 m de largo (10 m²).

Las variables evaluadas fueron:

- Número de plantas de frijol a los 10 días después de la siembra y a la cosecha
- Cobertura del suelo por malezas dicotiledóneas y poáceas cuando el frijol estuvo en V4.
- Porcentaje de cobertura por el frijol a la floración
- Rendimiento de grano limpio al 14 % de humedad.

Cuadro 4. Características químicas y físicas del suelo del lote # 7 de la EEFBM previo a la siembra del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Alajuela, Costa Rica 2001.

	pH	c mol (+)/L					mg/L					
		Ca	Mg	K	acidez	CICE	P	Cu	Fe	Mn	Zn	%MO
FS	5,3	4,5	1,6	0,12	0,45	6,72	19,3	10	14	58	1,8	9
FA	5,3	4,5	1,7	0,11	0,36	6,64	19,5	12	13	64	1,2	9
NCF	5,5	4,0	1,0	0,2	0,5	5,00	10	1	10	5,0	3,0	

FS: Parcelas con solo frijol. Nombre textural: Franco-Arcilloso (31,55 % arena, 39,25 % limo y 29,2 % arcilla).

FA: Parcelas en rotación arroz / frijol. Nombre textural: Franco-Arcilloso (31,55 % arena, 36,75 % limo y 31,70 % arcilla).

NCF: Nivel crítico para frijol.

Cuadro 5. Especies presentes en el terreno donde se realizó el experimento, lote # 7 de la EEFBM, Alajuela, Costa Rica 2001.

Nombre científico	Nombre común	Familia
<i>Ageratum conyzoides</i>	Santa Lucía	Asteraceae
<i>Melampodium divaricatum</i>	Flor amarilla	Asteraceae
<i>Melampodium perfoliatum</i>	Flor amarilla	Asteraceae
<i>Galinsoga ciliata</i>	Mielcilla	Asteraceae
<i>Baltimora recta</i>	Florequilla	Asteraceae
<i>Eclipta alba</i>	Botoncillo	Asteraceae
<i>Emilia fosbergii</i>	Clavelillo	Asteraceae
<i>Titonia diversifolia</i>	Girasol	Asteraceae
<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Caminadora	Poaceae
<i>Ixophorus unisetus</i>	Zacate Honduras	Poaceae
<i>Digitaria</i> spp.	Guarda rocío	Poaceae
<i>Euphorbia heterophylla</i>	Lechilla	Euphorbiaceae
<i>Spermacoce latifolia</i>	Ojo de chino	Rubiaceae
<i>Richardia scabra</i>	Chiquizá	Rubiaceae
<i>Marsiphanthes chamaedrys</i>	Pegajosa	Lamiaceae
<i>Commelina diffusa</i>	Siempre viva	Commelinaceae
<i>Peperonia pellucida</i>	Pimientilla	Piperaceae

nación de las semillas de frijol entre un 10 y 20%, pero no afectaron la biomasa aérea de las plantas germinadas, en tanto favorecieron la elongación radical comparada a la que ocurrió en agua destilada, posiblemente debido a los nutrimentos aportados por el extracto (Cuadro 6).

Prueba con rastrojos en recipientes

El número de plantas de frijol a los 30 días después de la siembra fue menor cuando el rastrojo se dejó sobre la superficie, en comparación a cuando fue incorporado al suelo; sin embargo, el área foliar y la biomasa seca por planta fueron mayores (Cuadro 7).

Las plantas de frijol que crecieron donde se incorporó el rastrojo de arroz conformado por raíces y follaje, tratado con glifosato o sin tratar, mostraron una reducción significativa en el área foliar y una tendencia similar en la biomasa seca de la parte aérea, lo que sugiere un posible efecto inhibitorio del rastrojo cuando se incorporó al suelo. El mayor porcentaje de plantas de frijol en estos tratamientos también pudo contribuir a plantas más pequeñas por efecto de competencia; sin embargo, en el testigo sin rastrojos ocurrió el mayor porcentaje

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prueba con extractos acuosos

Los extractos acuosos y lixiviados del rastrojo de arroz mostraron tendencia a disminuir la germinación

Cuadro 6. Porcentaje de germinación, longitud promedio de la radícula y la parte aérea de las plántulas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), 10 días después de crecer en presencia de extractos acuosos de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.). EEFBM, Alajuela, Costa Rica 2000.

Tratamiento ¹	% germinación (cm)	Longitud radícula (cm)	Longitud aérea (cm)
E.A de follaje con glifosato	80	12,9 a ²	9,8
E.A de follaje sin glifosato	78	11,2 a	9,4
E.A de raíces con glifosato	93	11,3 a	8,3
E.A de raíces sin glifosato	83	11,2 a	9,4
Lix de follaje sin glifosato	80	8,0 b	8,0
Lix de raíces sin glifosato	90	9,5 ab	9,9
Testigo agua destilada	100	8,5 b	8,0

¹ E.A= extracto acuoso; Lix = lixiviado

² Promedios con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas entre sí, según prueba DMS 1%.

Cuadro 7. Efecto del rastrojo de arroz (*Oryza sativa* L.) dejado sobre la superficie o incorporado al suelo, en el porcentaje de plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) establecidas (PLE), el área foliar y la biomasa seca por planta a los 30 días después de la siembra. EEFBM, Alajuela, Costa Rica. 2000.

Tratamiento	% PLE	área foliar (cm ²)	biomasa seca (g)
follaje + raíz sin glifosato, incorporado	66	115 d	29
follaje + raíz con glifosato, incorporado	70	149 cd	31
follaje verde, sobre la superficie	55	467 a	93
follaje con glifosato, sobre la superficie	45	318 b	53
Testigo sin rastrojo	78	259 bc	73

Promedios con igual letra en una misma columna presentan diferencias no significativas entre sí, según prueba DMS al 1%.

de plantas establecidas y la biomasa seca y área foliar fueron más altas que en los tratamientos donde se incorporó el rastrojo.

Por otro lado, aunque no se presentaron síntomas evidentes de deficiencia de nitrógeno cuando se incorporó el rastrojo, es posible que ocurriera una menor disponibilidad de este elemento a las plantas de frijol durante su fase inicial, lo que pudo limitar su crecimiento. Echegaray (1995) menciona que cuando se incorporan residuos vegetales con una relación C/N de 30:1 o más, puede ocurrir inmovilización del nitrógeno inorgánico por parte de los organismos descomponedores, con lo cual puede darse deficiencia temporal de este elemento. Bhagat y Verma (1991) informaron de resultados similares, en un estudio de cinco años observaron menor rendimiento del trigo sembrado en áreas donde la paja de arroz se incorporó al suelo en comparación a los rendimientos obtenidos cuando la paja se dejó sobre la superficie del suelo.

El establecimiento de las plantas de frijol disminuyó ligeramente cuando el rastrojo se dejó sobre la superficie del suelo, siendo contrario a lo mencionado por Gray y Tawhid (1995), quienes informaron de efectos positivos de residuos vegetales de 2,5 cm de espesor en la emergencia y supervivencia de plantas de frijol, comparado a suelo desnudo. Sekhon y Kaul (1978), encontraron efectos positivos en la emergencia y crecimiento de la soya

(*Glycine max* L.) cuando cubrieron el suelo con paja de trigo, debido a que se evitó la formación de encostramientos del suelo después de las lluvias y antes de la germinación, además de una reducción en la temperatura máxima del suelo durante los primeros estados de desarrollo de la soya. En nuestro caso, no ocurrieron encostramientos ni efectos negativos por temperaturas extremas, por lo cual, los beneficios apuntados por Sekhon y Kaul (1978) para el caso de la soya no se dieron en frijol.

Experimento de campo

Únicamente se determinaron diferencias significativas entre tratamientos para el porcentaje de plantas de frijol establecidas a los 10 días después de la siembra. En los tratamientos de siembra directa sobre el rastrojo de arroz hubo una leve disminución en el porcentaje de plantas de frijol que lograron establecerse y llegar a cosecha (Cuadro 8). Estos resultados concuerdan con las pruebas realizadas en los recipientes plásticos. Uno de los problemas observados en parcelas pequeñas fue la presencia de palomas que al buscar granza en los rastrojos del arroz causaron doblamiento o daños en las plantas jóvenes de frijol, lo que pudo contribuir a que el número de plantas establecidas fuera ligeramente menor en las parcelas con rastrojos sobre la superficie del suelo.

Cuadro 8. Efecto del manejo del rastrojo de arroz (*Oryza sativa* L.) en el establecimiento de las plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) a los 10 dds y a la cosecha, en el porcentaje de cobertura a la floración y la producción de grano. EEFBM, Alajuela, Costa Rica. 2002.

Modalidad de siembra del frijol	% de plantas 10 dds	% plantas cosechadas	% cob. a floración	peso de grano g/10 m ²
Sin labranza sobre el rastrojo	62 b ¹	57	82	1806
Sin labranza con extracción del rastrojo	63 b	73	77	1600
Sin labranza y sin rastrojo	68 b	70	79	1756
Labranza convencional, rastrojo incorporado	76 a	72	63	1425
Labranza convencional sin rastrojo	77 a	75	63	1425
% CV	7,7	7,9	16,1	14,3

¹ Promedios con igual letra dentro de una misma columna presentan diferencias no significativas entre sí, según la prueba de la diferencia mínima significativa (DMS 1%). Los valores de porcentaje fueron transformados por arcoseno raíz de x.

En algunas áreas comerciales se ha observado mayor presencia de grillos (*Acheta assimilis*) y babosas (*Vaginulus plebeia*) (Fisher) cuando se dejan residuos vegetales sobre el suelo; sin embargo en este experimento en particular no se presentaron. Además en condiciones de invernadero donde se aislaron estos factores también se observó tendencia a menor número de plantas de frijol establecidas cuando se dejó el rastrojo de arroz sobre la superficie del suelo. Sin embargo, las plantas de frijol que crecieron con el rastrojo sobre la superficie del suelo mostraron tendencia a una mayor cobertura del suelo por el follaje y mayor rendimiento de grano (Cuadro 8). Esto pudo deberse a una menor competencia intraespecífica, o bien a que percibieron un pequeño efecto positivo al dejar los rastrojos sobre la superficie del suelo, posiblemente relacionado con un microambiente radical más favorable.

También se debe indicar que la presencia de malezas en los tratamientos donde se dejó el rastrojo de arroz sobre la superficie del suelo fue mínima y nunca alcanzó el 25% de cobertura tolerado en los demás tratamientos, momento en el cual se realizó el control de malezas.

Por otro lado, aunque las condiciones de humedad fueron favorables al cultivo, es probable que

bajo la cobertura del rastrojo la humedad superficial fue más uniforme y contribuyeron a un rendimiento ligeramente mayor que en labranza. Se sabe que las coberturas vegetales sobre la superficie del suelo permiten mayor conservación de agua en el suelo (Wicks *et al.* 1994, Pannkuk *et al.* 1997), aportan materia orgánica (Douglas y Goss 1982, ECAF 1999), ayudan a conservar energía, mejoran la estructura del suelo, favorecen una mayor actividad biótica (Locke y Brayson 1997, AELC/SV 1998), contribuyen a la concentración de iones no móviles en la superficie del suelo, donde crece el mayor número de raíces absorbentes de los cultivos anuales (Herrera y Meléndez 1997) y protegen los suelos de las altas temperaturas en los trópicos, lo que favorece la germinación y crecimiento de los cultivos.

El rendimiento del frijol en el tratamiento donde se incorporó el rastrojo de arroz fue similar al obtenido cuando el frijol se cultivó en labranza sin rastrojos, lo que sugiere que al menos en lo que respecta al rendimiento de grano, no hubo un efecto negativo *per se* del rastrojo de arroz al incorporarlo. Este resultado difiere en parte a lo observado en las pruebas realizadas en los recipientes plásticos, donde la incorporación del rastrojo redujo el área foliar y biomasa aérea del frijol, aunque en ese caso

no se analizó el rendimiento del grano. Esta diferencia probablemente se debió a que en condiciones de campo la distribución en el perfil del suelo por el arado de discos fue mayor (25 cm) en comparación a 10 cm en los recipientes plásticos, lo que denota una clara diferencia en cuando a la densidad de rastrojo por unidad de suelo.

La tendencia a mayor producción de grano en las parcelas de siembra directa sobre rastrojo, en comparación a la siembra en suelo con labranza, es similar a lo mencionado por Bhagat y Verma (1991) quienes en condiciones de campo observaron mayor rendimiento del trigo cuando la paja del arroz se dejó sobre la superficie del suelo en comparación a incorporarla.

El rendimiento de frijol obtenido en este experimento se considera alto para las condiciones de producción en Costa Rica. En parte esto se debió a que se presentaron características de suelo y climáticas que favorecieron el crecimiento del cultivo.

Se ha estimado que en el sistema de siembra directa sobre rastrojos, se pueden reducir los costos entre un 10 y 20%, debido a la disminución en el uso de la maquinaria para la labranza del suelo, que en la mayoría de los casos comprende un pase de arado y dos de rastra. Además esto significa un disminución importante en el potencial de causar compactación en el suelo. Por lo tanto si la productividad de los dos sistemas es similar, resulta más aconsejable el sistema de siembra directa dejando los rastrojos en la superficie del suelo.

Conclusiones:

No hubo evidencia de que los extractos acuosos del rastrojo de arroz causaran efectos alelopáticos importantes en el frijol.

El rastrojo de arroz a una densidad de 6,6 t/ha dejado sobre la superficie del suelo no afectó negativamente el rendimiento de frijol, aunque si redujo ligeramente el número de plantas establecidas.

LITERATURA CITADA

- AELC/SV (Asociación Española Laboreo de Conservación y Suelos Vivos, España). 1998. Guía de agricultura de conservación en cultivos anuales. AELC/SV, Córdoba, España. 35 p.
- BARNES, JP; PUTNAM, RA. 1987. Role of benzoxazinones in allelopathy by rye (*Secale cereale*). Journal Chemical Ecology 13: 889-905.
- BELL, DT; MULLER, CH. 1973. Dominance of California annual grasslands by *Brassica nigra*. Am. Midl. Nat. 90: 277-299.
- BROWN, PD; MORRA, MJ. 1995. Glucosinolate containing plant tissues as bioherbicides. Journal of Agricultural and Food Chemistry 43(12): 3070-3074.
- BHAGAT, RM.; VERMA, TS. 1991. Impact of rice straw management on soil physical properties and wheat yield. Soil Science 152(2): 108-115.
- DOUGLAS, T; GOSS, J. 1982. Stability and organic matter content of surface soil aggregates under different methods of cultivation and grassland. Soil Tillage Res. 2: 155-175.
- ECAF (European Conservation Agriculture Federation, España). 1999. Agricultura de conservación en Europa: aspectos medioambientales, económicos y administrativos de la UE. ECAF/AEAC.SV. 23 p.
- ECHEGARAY, AA. 1995. Ciclo del nitrógeno y fases que lo constituyen. Ferrera, CR; Pérez MJ. eds. Agromicrobiología: elemento útil en la agricultura sustentable. Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas, México. p. 7-35.
- FERRERA, C; PÉREZ, M. 1995. Agromicrobiología: elemento útil en la agricultura sustentable. Montecillo, México, Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. 233 p.
- FORNEY, DR; FOY, LC. 1985. Phytotoxicity of products from rhizospheres of a sorghum-sudangrass hybrid. Weed Science 33: 597-604.

- GRAY, E; TAWHID, A. 1995. Effect of leaf mulch on seedling, plant survival, and production of bush snap beans. *Journal of Sustainable Agriculture* 6 (2/3): 15-21.
- HERRERA, MF; MELÉNDEZ, G. 1997. Estudio de la vegetación en áreas dedicadas al frijol tapado con diferentes intensidad de uso y tiempo de barbecho. *Agronomía Mesoamericana* 8 (2): 1-10.
- LOCKE, AM; BRYSON, TC. 1997. Herbicide-soil interactions in reduced tillage and plant residue management systems. *Weed Science* 45:307-320.
- MASIUNAS, JB; WESTON, AL; WELLER, CS. 1995. The impact of rye cover crops on weed populations in a tomato cropping system. *Weed Science* 43: 318-323.
- NAGABHUSHANA, GG; WORSHAN, AD; WICKLIFFE, DA; DANEHOWER, AD; CORBIN, TF. 1997. Evidence, basis, and implications for allelopathic weed-suppression by rye (*Secale cereale*. L.) cover crop mulch in no tillage crop production. *In: Meeting of the Weed Science Society of America, 1997, Orlando, Florida. WSSA Abstracts, volumen 37.*
- NAIR, M; WHITENACK, JC; PUTNAM, RA. 1990. 2,2-oxo-1,1 azobenzene: a microbially-transformed allelochemical from 2,3- benzoxazolinone. *Journal Chemical Ecology* 16: 353-364.
- PANNKUK, C; PAPENDICK, R; SAXTON, K. 1997. Fallow management effects on soil water storage and wheat yields in the pacific northwest. *Agronomy Journal* 89:386-391.
- QASEM, JR. 1995. Allelopathic effect of some arable land weeds on wheat. *Dirasat Serie B, Pure and Applied Sciences* 22 (4): 81-87.
- SEKHON, HS.; KAUL, JN. 1978. Effect of *Rhizobium* inoculation and straw mulch application on soybean. *Tropical Grain-Legume- Bulletin*. Ibadan, International Grain Legume Information Center, (13/14): 47-49.
- SAHID, IB; SUGAU, JB. 1993. Allelopathic effects of lantana (*Lantana camara*) and siam weed on selected crops. *Weed Science* 41(2): 303-308.
- SZOTT, L. 1997. Ciclos de nutrientes en sistemas naturales y agrícolas. Material mimeografiado. Universidad de Costa Rica. Agroecología, Programa de doctorado en sistemas de producción agrícola tropical sostenible. sp.
- TAMAK, JC; NARWAL, SS; SINGH, L; RAM, M. 1994. Effect of aqueous extracts of rice stubbles and straw + stubbles on the germination and seedling growth of *Convolvulus arvensis*, *Avena ludoviciana* and *Phalaris minor*. *Crop Research Hisar (India)* 8(1) :186-189.
- THURSTON, M. 1994. Historia de los sistemas de siembra con cobertura muerta o sistemas de tumba y pudre en América Latina. *In: Thurston et al. (eds). Los sistemas de siembra con cobertura. CATIE/CI-FAD. p. 1-4.*
- VIDAL, R.A.; BAUMAN, T.T.; LAMBER, J.W. 1994. The effect of various wheat straw densities on weed populations. *Weed Sc. Soc. Am. Abstr.* 34: 72.
- WESTON, A.L. 1996. Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agronomy Journal* 88 (6): 860-866.
- Wicks, G; Crutchfield, D; Burnside, O. 1994. Influence of wheat (*Triticum aestivum*) straw mulch and metolachlor on corn (*Zea mays*) growth and yield. *Weed Science* 42:141-147.